

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 25 MAR 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 16 112.0

**Anmeldetag:**

09. April 2003

**Anmelder/Inhaber:**

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit  
Selbstzündung

**IPC:**

F 04 N, F 02 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 23. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Klostermayer

DaimlerChrysler AG

Aifan

07.04.2003

Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine  
mit Selbstzündung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit Selbstzündung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5

Ziel der Entwicklung von neuen Dieselmotoren ist es, die Bildung von Abgasemissionen, insbesondere die Stickoxid-Emissionen zu minimieren. Dabei wird oft eine Abgasrückführung als Mittel zur Emissionssenkung verwendet, wobei eine

10 Abgasrückführrate lastpunktabhängig eingestellt wird. Eine weitere Senkung der Stickoxid-Emissionen kann mittels eines SCR-Katalysators erzielt werden, in dem die Zugabe bzw. die Dosierung eines Reduktionsmittels, z.B. Ammoniak, proportional zu der Stickoxidentstehung in der Brennkraftmaschine vor-

15 genommen wird. Die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen lassen nur begrenzte Umsätze eines solchen SCR-Katalysators zu, da die Stickoxid-Rohemissionen der Brennkraftmaschine nur aus bekannten Kennfeld-Daten ermittelt werden können. Sensoren zur direkten Messung der Stickoxid- oder Ammoniakkonzentrationen im Abgas befinden sich noch im Forschungsstadium, wobei die derzeit verfügbaren Sensoren noch unzuverlässig

20 sind.

25

Aus der DE 197 34 494 C1 ist ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem eine Rückführrate des Abgases auf Basis einer zweifachen Messung der Sauerstoffkonzentration im Abgas bzw. in der Ladeluft errechnet wird. Neben dem hohen messtechnischen Aufwand wird bei dieser Methode lediglich die Rückführrate des Abgases bestimmt.

30

Aus der EP 554 766 B1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem eine Dosiereinrichtung für einen SCR-Katalysator gesteuert wird. Die hierzu erforderliche Kenntnis der Stickoxid-Rohemissionen erfolgt durch die Heranziehung von Kennfeld-Daten, die die  
5 motorische Emission in Abhängigkeit von motorischen Parametern vergleichsweise ungenau beschreiben. Zur Vermeidung von Ammoniak-Durchbruch nach Katalysator müssen aufgrund der nur näherungsweise bekannten Stickoxid-Rohemission große Sicherheitsabstände eingebaut werden, so dass eine niedrige Konver-  
10 tierung im Katalysator bis etwa 70% erzielt wird.

Aus der DE 100 43 383 C2 ist ein Verfahren zur Bestimmung des Stickoxidgehalts in Abgasen von Brennkraftmaschinen bekannt, bei dem die der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse er-  
15 fasst wird, wobei aus mindestens einem aktuellen Messwert des Motorbetriebs eine Bestimmung des Schwerpunkts der Verbrennung erfolgt. Aus dem Wert für die Lage des Schwerpunkts der Verbrennung sowie den Werten der erfassten Kraftstoffmenge und Luftmasse werden die NOx-Rohemissionen berechnet. Die pa-  
20 rallele Bestimmung von Luftmasse, Kraftstoffmasse und rückgeführte Abgasmasse ist mit erheblichem Aufwand verbunden.

Der Schwerpunkt der Verbrennung beschreibt auf Basis des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik jenen Zustand im Brennraum, bei dem 50% der eingebrachten Kraftstoffenergie umgewandelt  
25 wurde. Die Lage des Schwerpunkts ist die zugehörige Kurbelwinkelposition, d.h. eine Kurbelwinkelposition des Kolbens, bei der 50% der an der Verbrennung teilnehmenden Kraftstoffmenge in Wärme umgesetzt wurde.

30

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung bzw. zur Minimierung von Stickoxid-Emissionen bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, des Anspruchs 2 oder des Anspruchs 3 gelöst.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass während einer Verbrennung im Brennraum eine mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird, so dass ein Gradient der mittleren Gastemperatur errechnet wird, und aus einem Wert des Gradienten der mittleren Gastemperatur und/oder aus
- 10 einer Lage des Gradienten der mittleren Gastemperatur im Brennraum eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Gemäß der vorliegenden Erfindung steht die gebildete Stickoxid-Rohemission (NOx-Emission) der selbstzündenden Brennkraftmaschine in direktem Zusammenhang mit dem
- 15 Gradienten der mittleren Gastemperatur im Zylinder. Dementsprechend werden die Motorparameter derart eingestellt, dass sich bei der Verbrennung ein Verlauf des Gradienten ergibt, bei dem verringerte NOx-Emissionen gebildet werden.
- 20 Weiterhin zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren dadurch aus, dass während einer Verbrennung im Brennraum eine mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird, so dass aus einem Maximalwert der mittleren Gastemperatur im Brennraum und/oder aus einer Lage des Maximalwertes der mittleren Gas-
- 25 temperatur eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Gemäß der vorliegenden Erfindung steht die gebildete Stickoxid-Rohemission (NOx-Emission) der selbstzündenden Brennkraftmaschine in direktem Zusammenhang mit dem Maximalwert der mittleren Gastemperatur im Zylinder. Dement-
- 30 sprechend werden die Motorparameter derart eingestellt, dass sich bei der Verbrennung ein bestimmter Maximalwert eingestellt wird bzw. ein vorgegebener Maximalwert nicht überschritten wird. Dadurch kann eine vereinfachte Bestimmung der NOx-Emissionen vorgenommen werden, bei der der messtechnische
- 35 Aufwand reduziert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich des Weiteren dadurch aus, dass im Brennraum eine mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird, und aus einem Wert einer mittleren Gastemperatur beim Schließen des Einlassventils und/oder einem Wert einer Kompressionsendtemperatur im Brennraum eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Gemäß der vorliegenden Erfindung steht die gebildete NOx-Rohemission der selbstzündenden Brennkraftmaschine in direktem Zusammenhang mit dem Wert der mittleren Gastemperatur, die vor dem Einsetzen der Verbrennung bestimmt wird, zum Zeitpunkt des Schließens des Einlassventils und/oder beim Ende der Kompression. Hierdurch wird eine exakte vereinfachte Ermittlung der NOx-Emissionen erzielt, so dass der messtechnische Aufwand ebenfalls reduziert wird.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wird die mittlere Gastemperatur in einem definierten Kurbelwinkelbereich bestimmt. Vorzugsweise wird ein Kurbelwinkelbereich gewählt, in dem die mittlere Gastemperatur im Zylinder nahezu linear verläuft. Hierdurch wird eine exakte Ermittlung der NOx-Emissionen erzielt, da eine Auswertung in einem schmalen Kurbelwinkelbereich zuverlässig und weniger aufwendig ist. Somit kann der messtechnische Aufwand reduziert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird aus der ermittelten Stickoxid-Rohemission eine Menge eines Reduktionsmittels für das nachgeschaltete Abgasnachbehandlungssystem bestimmt. Demnach wird die Abgasnachbehandlung optimiert und beispielsweise eine Dosiermenge eines SCR-Katalysators variiert.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die zugemessene Kraftstoffmenge in den Brennraum derart einge-

spritzt, dass ein vorgegebener Gradient der mittleren Gastemperatur im Brennraum und/oder eine vorgegebene Lage des Maximalwertes der mittleren Gastemperatur im Brennraum eingestellt wird. Somit lässt sich die mittlere Gastemperatur derart verändern, dass erfindungsgemäß die Bildung der NOx-Emissionen auf einem minimalen Niveau stattfindet bzw. möglichst minimiert wird. Hierbei wird ein vorgegebener Anstieg der Gastemperatur pro Zeiteinheit bzw. eine vorgegebene Lage des Maximalwertes eingestellt. Demnach kann ein vorgegebener maximaler Temperaturwert der mittleren Gastemperatur nicht überschritten werden, bei dem die Bildung der NOx-Emissionen ansteigt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die zugemessene Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingespritzt wird, dass ein Schwerpunkt der Verbrennung bei einer bestimmten Kurbelwinkelposition liegt. Hierbei kann eine erhöhte NOx-Bildung vermieden werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird eine Abgasrückführmenge zur Einstellung einer definierten Sauerstoffkonzentration im Brennraum in Abhängigkeit von einem Schwerpunkt der Verbrennung eingestellt. Hierbei wird aus einer ermittelten NOx-Rohemission der Brennkraftmaschine die notwendige Abgasrückführrate errechnet und die Abgasrückführung solange geregelt, bis sich eine definierte Sauerstoffkonzentration im Brennraum ergibt.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus der errechneten Stickoxid-Rohemission eine für eine Stickoxid-Reduktion benötigte Absenkung der Sauerstoffkonzentration errechnet, so dass eine Vorrichtung zur Abgasrückführung derart eingestellt wird, dass nach Mischung von Verbrennungsluft mit rückgeführtem Abgas eine definierte Sau-

erstoff-Konzentration einer Zylinderladung vor oder im Brennraum erfolgt. Dadurch wird eine gezielte und schnelle Regelung der Brennkraftmaschine beim jeweiligen Lastpunkt erzielt, so dass eine reduzierte NOx-Rohemissionsbildung erzielt wird. Vorzugsweise werden Sollwerte der Sauerstoffkonzentration in einem Kennfeld der Brennkraftmaschine in der Motorsteuereinrichtung hinterlegt.

10 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird mittels eines Sauerstoffsensors eine Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum gemessen, wobei in Abhängigkeit von der gemessenen Konzentration mittels der Vorrichtung zur Abgasrückführung eine definierte Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor oder im  
15 Brennraum eingestellt wird. Durch die Verwendung des Sauerstoffsensors wird eine gezielte und schnelle Regelung der Brennkraftmaschine zur Senkung der NOx-Rohemissionsbildung beim jeweiligen Lastpunkt erzielt.

20 In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mittels eines Sauerstoffsensors eine Sauerstoff-Konzentration der Abgase nach Austritt der Abgase aus dem Brennraum gemessen, wobei aus diesem Signal, einer Abgasrückführungsrate und einer gemessenen Verbrennungsluftmenge eine Sauerstoff-  
25 Konzentration der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum errechnet wird, und in Abhängigkeit von der errechneten Konzentration mittels der Vorrichtung zur Abgasrückführung eine definierte Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor oder im Brennraum eingestellt wird. Dadurch  
30 wird durch die Verwendung des Sauerstoffsensors im Abgaskrümmer eine gezielte und schnelle Regelung der Brennkraftmaschine zur Senkung der NOx-Rohemissionsbildung beim jeweiligen Lastpunkt unter Berücksichtigung der letzten Verbrennung erzielt.

Weitere Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus der Beschreibung. Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind anhand der Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in  
5 der nachfolgenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Zylinder einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine mit Selbstzündung,

10

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer mittleren Gastemperatur einer Brennkraftmaschine nach Fig. 1 in Abhängigkeit von einem Kurbelwinkel,

15

Fig. 3 ein schematisches Diagramm eines Gradienten der mittleren Gastemperatur der Brennkraftmaschine nach Fig. 1 in Abhängigkeit von einer NOx-Emission,

20

Fig. 4 eine schematische Darstellung der mittleren Gastemperatur beim Schließen eines Einlassventils der Brennkraftmaschine nach Fig. 1 in Abhängigkeit von der NOx-Emissionsbildung,

25

Fig. 5 eine schematische Darstellung der mittleren Gastemperatur am Ende eines Kompressionstakts der Brennkraftmaschine nach Fig. 1 in Abhängigkeit von der NOx-Emissionsbildung,

30

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Maxima einer mittleren Gastemperatur im Brennraum in Abhängigkeit von einer momentanen NOx-Rohemission einer Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1,



Fig. 7 eine schematische Darstellung des Verlaufs einer NO<sub>x</sub>-Reduktionsrate in Abhängigkeit von einer Abgasrückführungsrate, und

5 Fig. 8 eine schematische Darstellung des Verlaufs einer NO<sub>x</sub>-Reduktionsrate in Abhängigkeit von einer Sauerstoffkonzentration der Verbrennungsluft einer Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1.

10 In Fig. 1 ist ein Zylinderblock 1 einer selbstzündenden Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung im Querschnitt dargestellt. In einem Zylinder 2 ist ein Kolben 12 verschiebbar geführt, mit dessen Oberseite und einem Zylinderkopf 13 ein Brennraum 11 begrenzt ist. Ein Einlassventil 14 und ein Auslassventil 17 sind im Zylinderkopf 13 angeordnet, wobei durch  
15 das Einlassventil 14 dem Brennraum 11 die notwendige Verbrennungsluft über ein Saugrohr 15 zugeführt wird. Vorzugsweise wird die jeweilige Luftmasse durch einen Luftmassenmesser 16 erfasst, der über eine Leitung 22 mit einer Motorsteuereinrichtung 6 verbunden ist.  
20

Durch das Auslassventil 17 gelangen Verbrennungsgase in eine Abgasleitung 18, die zu einer in der Zeichnung nicht dargestellten Abgasnachbehandlungseinrichtung führt. Diese weist  
25 insbesondere zur effektiven Senkung der NO<sub>x</sub>-Emissionen einen SCR-Katalysator auf. Weiterhin dient eine aus der Abgasleitung 18 abgezweigte Abgasrückführleitung 19 dazu, Verbrennungsgase in das Saugrohr 15 zurückzuführen. In dieser Abgasrückführleitung 19 befindet sich ein Durchflussmesser 20 zur  
30 Erfassung des rückgeführten Abgasdurchflusses und zur Einstellung der rückgeführten Abgasmenge. Die erfasste Menge des rückgeführten Abgases wird über eine Leitung 21 an die Motorsteuereinrichtung 6 übertragen.

Des Weiteren ist im Zylinderkopf 13 ein Drucksensor 3 im Brennraum 11 angeordnet, mit dem ein im Brennraum vorliegender Druck über eine Verbindungsleitung 4 an die Motorsteuereinrichtung 6 übertragen wird. Ein Kraftstoffeinspritzventil 5 25 ist weiterhin im Zylinderkopf 13 angeordnet, welches über eine Einspritzleitung 26 mit einer Einspritzpumpe 23 verbunden ist. Zwischen der Einspritzpumpe 23 und dem Kraftstoffeinspritzventil 25 ist eine Messvorrichtung 24 zur Kraftstoffmengenerfassung vorgesehen. Diese Kraftstoffmesseinrichtung 10 24 ist über eine elektrische Leitung 27 mit der Motorsteuereinrichtung 6 verbunden. Die Einspritzpumpe 23 ist ebenfalls mit der Motorsteuereinrichtung durch eine Steuerleitung 28 verbunden.

15 Vorzugsweise wird eine Sauerstoffkonzentration der in den Brennraum 11 zugeführten Verbrennungsluft mittels eines Sauerstoffsensors 29 erfasst, der vorzugsweise im Saugrohr vor dem Einlassventil 14 angeordnet ist und über eine Leitung 30 mit der Motorsteuereinrichtung 6 verbunden ist. Alternativ 20 wird ein Sauerstoffsensor 29a in der Abgasleitung 18 oder in der Abgasrückführleitung 19 angeordnet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zielt darauf ab, die Bildung der NO<sub>x</sub>-Emissionen beim Betrieb der Brennkraftmaschine zu minimieren bzw. die Abgasnachbehandlung zu optimieren. Erfindungsgemäß wird mittels des Kraftstoffeinspritzventils 25 eine lastabhängige Kraftstoffmenge in den Brennraum 11 eingebracht. Während der Verbrennung wird ein Verlauf der mittleren Gastemperatur im Brennraum ermittelt, aus dem ein Gradient  $dT/d\phi$  der Gastemperatur in einem definierten Kurbelwinkel-Fenster gemäß Fig. 3 gebildet wird. Dieser steht im Sinne der Erfindung in direktem Zusammenhang mit der Stickoxid-Emissionsbildung der Brennkraftmaschine. Vorzugsweise wird dabei ein relativ schmaler Kurbelwinkel-Bereich ausge-

wertet, in dem die mittlere Gastemperatur im Zylinder nahezu linear verläuft. Ein solcher Bereich kann gemäß Fig. 2 z.B. zwischen  $0^{\circ}\text{KW}$  und  $30^{\circ}\text{KW}$  nach dem oberen Totpunkt gewählt werden. Je nach Steigung dieser Geraden in  $[\text{K}]/[\text{KW}]$  wird eine  
5 augenblickliche Stickoxid-Emission der Brennkraftmaschine ermittelt. Die mittlere Gastemperatur wird üblicherweise aus dem Druckverlauf der Verbrennung bestimmt.

Fig. 3 veranschaulicht diesen Sachverhalt am Beispiel einer  
10 Veränderung des Einspritzbeginnes des Kraftstoffs in Richtung früh, d.h. der Kraftstoff wird früher in den Brennraum eingespritzt, so dass mit einem höher erzielten Temperaturgradienten eine Erhöhung der NOx-Emission bewirkt wird. Wird die Kraftstoffeinspritzung derart bewerkstelligt, dass der erzielte Temperaturgradient kleiner wird, dann wird eine Abnahme der NOx-Emission gemäß Fig. 2 erwartet. Somit kann entweder aus einem Wert und/oder aus dem Verlauf des Gradienten der mittleren Gastemperatur oder aus einem Maximalwert der mittleren Gastemperatur im Brennraum 11 die Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt werden. Alternativ kann gemäß Fig. 4 und Fig. 2 eine mittlere Gastemperatur  $T_{\text{ES}}$  zur Bestimmung der NOx-Emission herangezogen werden, welche zum Zeitpunkt des Schließens des Einlassventils ermittelt wird. Weiterhin kann zusätzlich eine mittlere Gastemperatur  $T_{\text{KE}}$ , welche beim Ende der Kompressionsphase der Brennkraftmaschine ermittelt wird, ebenso zur Bestimmung der NOx-Emission gemäß Fig. 5 berücksichtigt werden. Erfindungsgemäß ergaben sich dabei sehr gute Korrelationen zur motorischen Stickoxid-Emission. Somit können beide Signale zur zusätzlichen Bestimmung der NOx-Emission bzw. als eine Plausibilitätskontrolle  
25 verwendet werden.  
30

Optional oder alternativ wird eine Auswertung der Maxima der mittleren Gastemperatur im Brennraum zur Bestimmung der NOx-

Emission verwendet, welche ebenfalls eine ausgezeichnete Korrelation zur momentanen Stickoxid-Emission der Brennkraftmaschine feststellen lässt. Gemäß Fig. 6 bewirkt z.B. durch eine Frühverstellung der Verbrennung über den Einspritzbeginn  
5 eine Zunahme der NOx-Emission.

In der Regel kann eine relative NOx-Reduktion durch eine Abgasrückführung bewerkstelligt werden. Demnach steht die relative NOx-Reduktion in direktem Zusammenhang mit der Sauerstoff-Konzentration der Zylinderladung. Je nach Lastpunkt der Brennkraftmaschine ergeben sich gemäß Fig. 7 beim heutigen  
10 Stand der Technik aus den gleichen Abgasrückführraten unterschiedliche prozentuale Stickoxid-Absenkungen. Im Gegensatz hierzu wird erfindungsgemäß die Sauerstoffkonzentration der  
15 Zylinderladung als eine Mess- bzw. Regelgröße verwendet. Demnach wird dann eine definierte Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft im Brennraum 11 eingestellt. Diese wird gemäß Fig. 8 gemessen bzw. als eine Stell- und Messgröße benutzt.

20 Das vorliegende Verfahren eignet sich insbesondere für Diesel-Brennkraftmaschinen, bei denen eine Vorrichtung zur Rückführung von Abgas und/oder eine Dosiervorrichtung für Reduktionsmittel zur Abgasnachbehandlung in einem nachgeschalteten  
25 Katalysator vorgesehen sind. Die NOx-Rohemission des Dieselmotors wird aus dem Verlauf des Gradienten der mittleren Gastemperatur in einem definierten Kurbelwinkelfenster errechnet, wobei dann daraus die Menge des Reduktionsmittels für das nachgeschaltete Abgasnachbehandlungssystem bestimmt wird.  
30 Dabei kann zusätzlich die NOx-Rohemission aus dem Maximalwert der mittleren Gastemperatur im Zylinder auf Plausibilität überprüft werden. Aus der errechneten NOx-Rohemission wird dann eine notwendige NOx-Reduktionsrate errechnet, mit der eine Abgasrückführung eingestellt wird. Demnach wird nach

Vermischung der Verbrennungsluft mit dem rückgeführten Abgas eine definierte Sauerstoff-Konzentration vor oder auch im Brennraum 11 eingestellt. Der Sollwert der Sauerstoff-Konzentration kann vorzugsweise als Konstantwert in den Motorkennfeld-Daten hinterlegt werden.

Da weiterhin die Lage des Schwerpunkts der Verbrennung den Verlauf der mittleren Gastemperatur während der Verbrennung beeinflusst, kann die Kraftstoffeinspritzung derart vorgenommen werden, dass eine Verbrennung bei einer bestimmten Lage des Schwerpunkts stattfindet. Bei dieser bestimmten und in Motorsteuereinrichtung 6 abgelegten Schwerpunktslage der Verbrennung (Soll-Schwerpunkt) liegt ein verbrauchsoptimierter Betrieb der Brennkraftmaschine vor, bei dem ebenfalls eine niedrige NOx-Emissionsbildung stattfindet.

Gemäß der vorliegenden Erfindung steht ebenfalls der Wirkungsgrad der selbstzündenden Brennkraftmaschine in direktem Zusammenhang mit der Lage des Verbrennungsschwerpunkts. Daher werden die Motorparameter, insbesondere die Kraftstoffeinspritzparameter wie Einspritzzeitpunkt, Einspritzdauer sowie Einspritztaktung derart eingestellt, dass bei der jeweiligen Verbrennung bzw. bei jeder Verbrennung die optimale Lage des Schwerpunkts vorliegt. Die optimale Lage der Verbrennung bzw. der Soll-Schwerpunkt der Verbrennung kann für die jeweilige Brennkraftmaschine z.B. am Prüfstand ermittelt werden. Dieser Soll-Wert wird dann für die jeweilige Brennkraftmaschine in der Motorsteuereinrichtung 6 abgelegt.

Die Einstellung der Schwerpunktslage bzw. die Anpassung des aktuellen Werts an den Soll-Wert kann mittels einer Variation des Beginns der Selbstzündung und/oder mittels der Variation der Kraftstoffeinspritzung erzielt werden. Dadurch wird eine gezielte und schnelle Regelung der Brennkraftmaschine beim

jeweiligen Lastpunkt durchgeführt, so dass die Brennkraftmaschine mit einem hohen Wirkungsgrad bei gleichzeitiger Senkung der NOx-Emission betrieben wird.

- 5 Mit Hilfe des im Brennraum 11 vorgesehenen Drucksensors 3 wird vorzugsweise ein Druckverlauf im Brennraum 11 während eines Arbeitsspiels erfasst und an die Motorsteuereinrichtung 6 weitergeleitet. Aus dem erfassten Druckverlauf kann die aktuelle Schwerpunktslage der Verbrennung bestimmt werden. Die
- 10 Lage des Schwerpunkts ändert sich bezüglich des Kurbelwinkels bei Änderung des Verbrennungsverlaufes. Mit Hilfe des erfassten Druckverlaufes und der zugemessenen Kraftstoffmenge pro Arbeitsspiel wird ein Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine mit Hilfe der Motorsteuereinrichtung 6 bestimmt, der in einem di-
- 15 rekten Zusammenhang mit der Lage des Schwerpunkts der Verbrennung steht. Hierbei kann der Schwerpunkt der Verbrennung aus der Indizierung des Zylinderdruckes in Kombination mit einer Messung der Kolbenposition im Brennraum über den ersten Hauptsatz der Thermodynamik berechnet werden. Gemäß
- 20 der vorliegenden Erfindung wird dann mit Hilfe der ermittelten Daten die NOx-Rohemission der selbstzündenden Brennkraftmaschine bestimmt, so dass die Betriebsweise bzw. Einstellung der in Fig. 1 nicht dargestellten Abgasnachbehandlungseinrichtung optimiert wird. Somit wird eine Bestimmung der NOx-
- 25 Rohemission der Brennkraftmaschine beispielsweise zur Optimierung einer nachgeschalteten Abgasnachbehandlungseinrichtung präzise vorgenommen und auf einem schnellen Wege durchgeführt. Bei entsprechender Regelung der Verbrennung kann demgemäß die Bildung der NOx-Emissionen während der Verbren-
- 30 nung minimiert werden.

Die ermittelte NOx-Rohemission der Brennkraftmaschine wird für eine angestrebte notwendige NOx-Reduktion herangezogen und daraus gemäß Fig. 8 die erforderlich Sauerstoffkonzentra-

tion der Ladungsmasse bzw. der Verbrennungsluft bestimmt. Die Abgasrückführmenge wird demnach derart geregelt, dass sich eine definierte Sauerstoffkonzentration im Einlasskanal 15 oder im Brennraum 11 einstellt. Dabei wird ein Sollwert einer Sauerstoffkonzentration vorzugsweise in der Motorsteuereinrichtung 6 als ein Konstantwert bzw. in Kennfeldern hinterlegt. Somit wird eine im Brennraum gebildete NO<sub>x</sub>-Emission reduziert und die dafür vorgesehene Abgasnachbehandlung optimiert, so dass in einem nachgeschalteten SCR-Katalysator z.B. die Zudosierung einer NH<sub>3</sub> Menge mit Hilfe der vorliegenden Erfindung optimal vorgenommen werden kann.

Erfindungsgemäß wird mittels des Sauerstoffsensors 29 eine Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum gemessen. In Abhängigkeit von der gemessenen Konzentration wird die Vorrichtung zur Abgasrückführung 20 dann derart geregelt, dass eine bestimmte Abgasmenge in das Saugrohr 15 gelangt. Hierdurch wird eine definierte Sauerstoff-Konzentration in der Verbrennungsluft vor oder im Brennraum eingestellt. Bei einer Anordnung des Sauerstoffsensors in der Abgasleitung 18 kann alternativ mittels des Sauerstoffsensors 29a eine Sauerstoff-Konzentration der Abgase nach Austritt der Abgase aus dem Brennraum gemessen werden. Aus diesem Signal, einer Abgasrückführungsrate und einer gemessenen Verbrennungsluftmenge wird dann die Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum errechnet. In Abhängigkeit von der errechneten Konzentration wird die Vorrichtung zur Abgasrückführung 20 dann derart geregelt, dass eine bestimmte Abgasmenge in das Saugrohr 15 gelangt, so dass eine definierte Sauerstoff-Konzentration in der Verbrennungsluft vor oder im Brennraum eingestellt wird.

DaimlerChrysler AG

Aifan

07.04.2003

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer selbstzündenden Brennkraftmaschine mit einem Zylinder, in dem ein Brennraum zwischen einem Kolben und einem Zylinderkopf begrenzt ist, einer Motorsteuereinrichtung, einem Einlassventil, einem Auslassventil, einer Kraftstoffzufuhreinrichtung und ein nachgeschaltetes Abgasnachbehandlungssystem, bei dem
- über das Einlassventil dem Brennraum Verbrennungsluft zugeführt wird,
  - während eines Arbeitsspiels eine Kraftstoffmenge betriebspunktabhängig zugemessen wird,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass während einer Verbrennung im Brennraum eine mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird,
  - so dass ein Gradient der mittleren Gastemperatur errechnet wird, und
  - aus einem Wert des Gradienten der mittleren Gastemperatur und/oder aus einer Lage des Gradienten der mittleren Gastemperatur im Brennraum eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
2. Verfahren zum Betrieb einer selbstzündenden Brennkraftmaschine mit einem Zylinder, in dem ein Brennraum zwischen einem Kolben und einem Zylinderkopf begrenzt ist, einer Motorsteuereinrichtung, einem Einlassventil, einem Auslassventil, einer Kraftstoffzufuhreinrichtung und ein nachgeschaltetes Abgasnachbehandlungssystem, bei dem
- über das Einlassventil dem Brennraum Verbrennungsluft zugeführt wird,



- während eines Arbeitsspiels eine Kraftstoffmenge betriebspunktabhängig zugemessen wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
  - dass während einer Verbrennung im Brennraum eine  
5 mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird,
  - so dass aus einem Maximalwert der mittleren Gastemperatur im Brennraum und/oder aus einer Lage des Maximalwertes der mittleren Gastemperatur eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt wird.  
10
3. Verfahren zum Betrieb einer selbstzündenden Brennkraftmaschine mit einem Zylinder, in dem ein Brennraum zwischen einem Kolben und einem Zylinderkopf begrenzt ist,  
15 einer Motorsteuereinrichtung, einem Einlassventil, einem Auslassventil, einer Kraftstoffzufuhreinrichtung und ein nachgeschaltetes Abgasnachbehandlungssystem, bei dem
- über das Einlassventil dem Brennraum Verbrennungsluft zugeführt wird,
  - 20 - während eines Arbeitsspiels eine Kraftstoffmenge betriebspunktabhängig zugemessen wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
  - dass im Brennraum eine mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird,
  - 25 - aus einem Wert einer mittleren Gastemperatur beim Schließen des Einlassventils und/oder einem Wert einer Kompressionsendtemperatur im Brennraum eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt wird.  
30
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
die mittlere Gastemperatur in einem definierten Kurbelwinkelbereich bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass aus der ermittelten Stickoxid-Rohemission eine Men-  
5 ge eines Reduktionsmittels für das nachgeschaltete Ab-  
gasnachbehandlungssystem bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
10 dass die zugemessene Kraftstoffmenge in den Brennraum  
derart eingespritzt wird, dass ein vorgegebener Gradient  
der mittleren Gastemperatur im Brennraum und/oder eine  
vorgegebene Lage des Maximalwertes der mittleren Gastem-  
peratur im Brennraum eingestellt wird.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die zugemessene Kraftstoffmenge in den Brennraum  
derart eingespritzt wird, dass ein Schwerpunkt der  
20 Verbrennung bei einer bestimmten Kurbelwinkelposition  
liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
25 dass eine Abgasrückführmenge zur Einstellung einer defi-  
nierten Sauerstoffkonzentration im Brennraum in Abhän-  
gigkeit von einem Schwerpunkt der Verbrennung einge-  
stellt wird.
- 30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass aus der errechneten Stickoxid-Rohemission eine für  
eine Stickoxid-Reduktion benötigte Absenkung der Sauer-  
stoffkonzentration errechnet wird, so dass eine Vorrich-

tung zur Abgasrückführung derart eingestellt wird, dass nach Mischung von Verbrennungsluft mit rückgeführtem Abgas eine definierte Sauerstoff-Konzentration einer Zylinderladung vor oder im Brennraum erfolgt.

5

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Sauerstoffsensors eine Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum gemessen wird, und in Abhängigkeit von der gemessenen Konzentration mittels der Vorrichtung zur Abgasrückführung eine definierte Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor oder im Brennraum eingestellt wird.

10

15

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Sauerstoffsensors eine Sauerstoff-Konzentration der Abgase nach Austritt der Abgase aus dem Brennraum gemessen wird, und aus diesem Signal, einer Abgasrückführungsrate und einer gemessenen Verbrennungsluftmenge eine Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum errechnet wird, und in Abhängigkeit von der errechneten Konzentration mittels der Vorrichtung zur Abgasrückführung eine definierte Sauerstoff-Konzentration der Verbrennungsluft vor oder im Brennraum eingestellt wird.

20

25

1/4

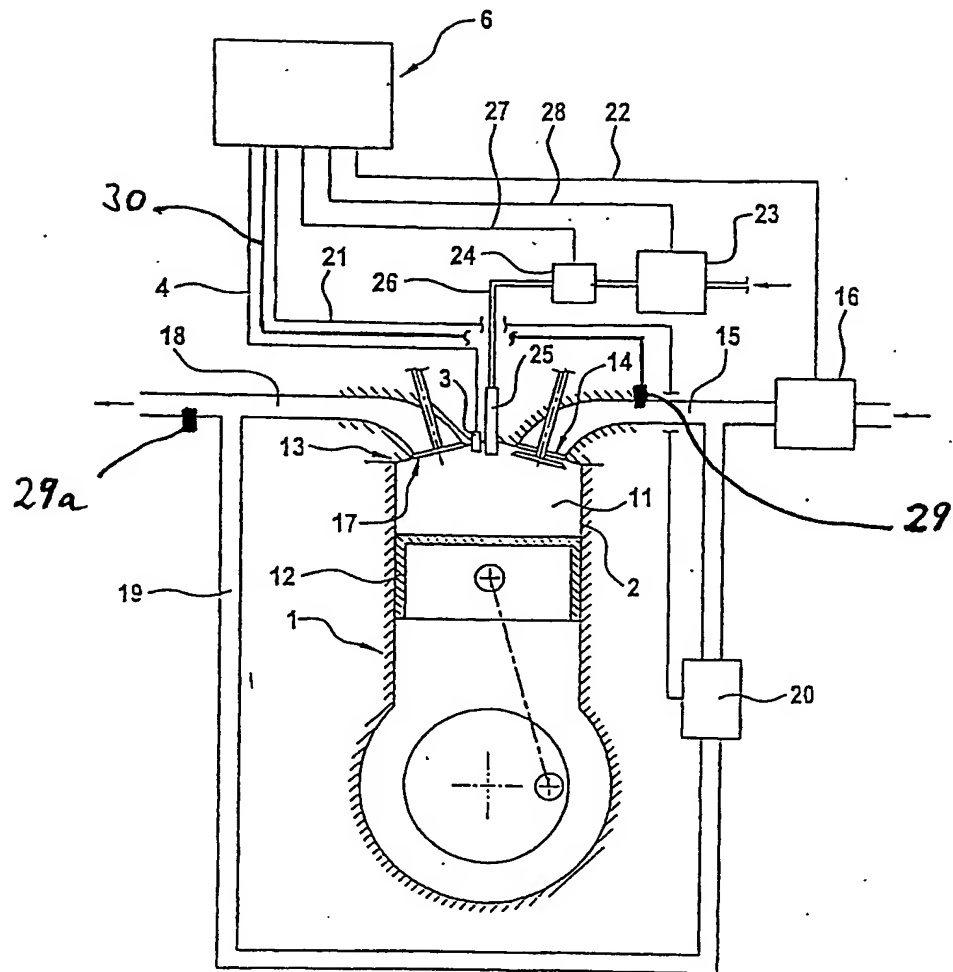


Fig. 1

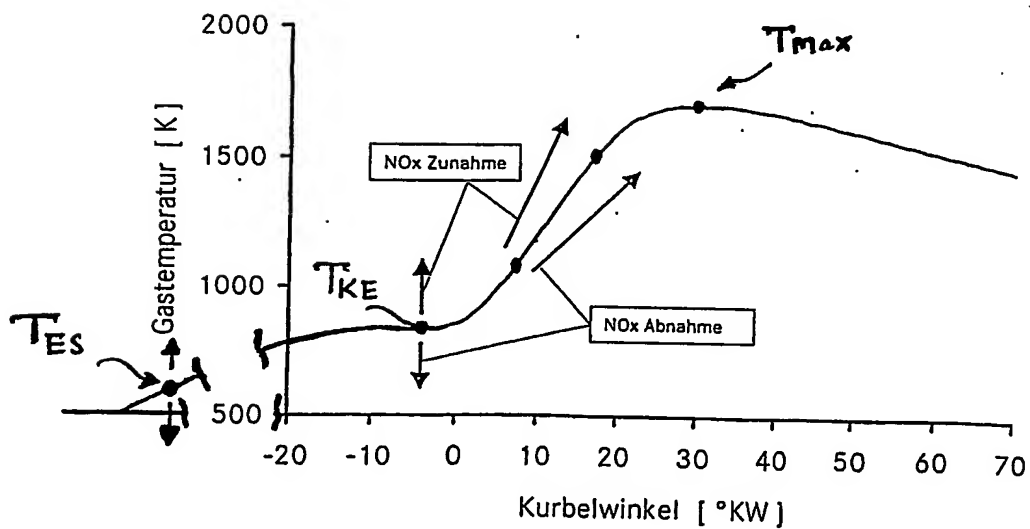


Fig. 2

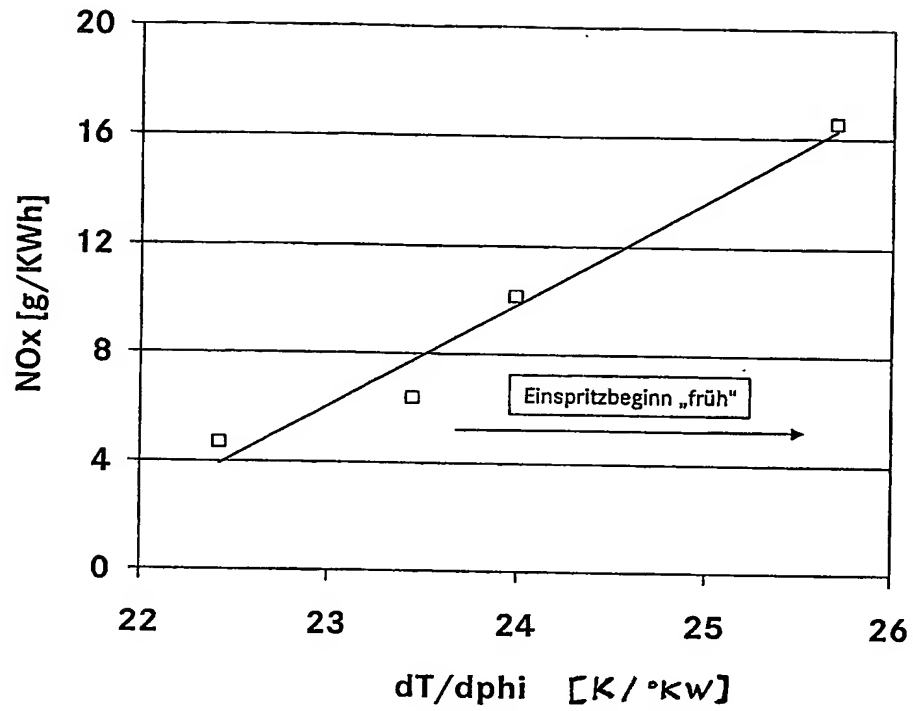


Fig. 3

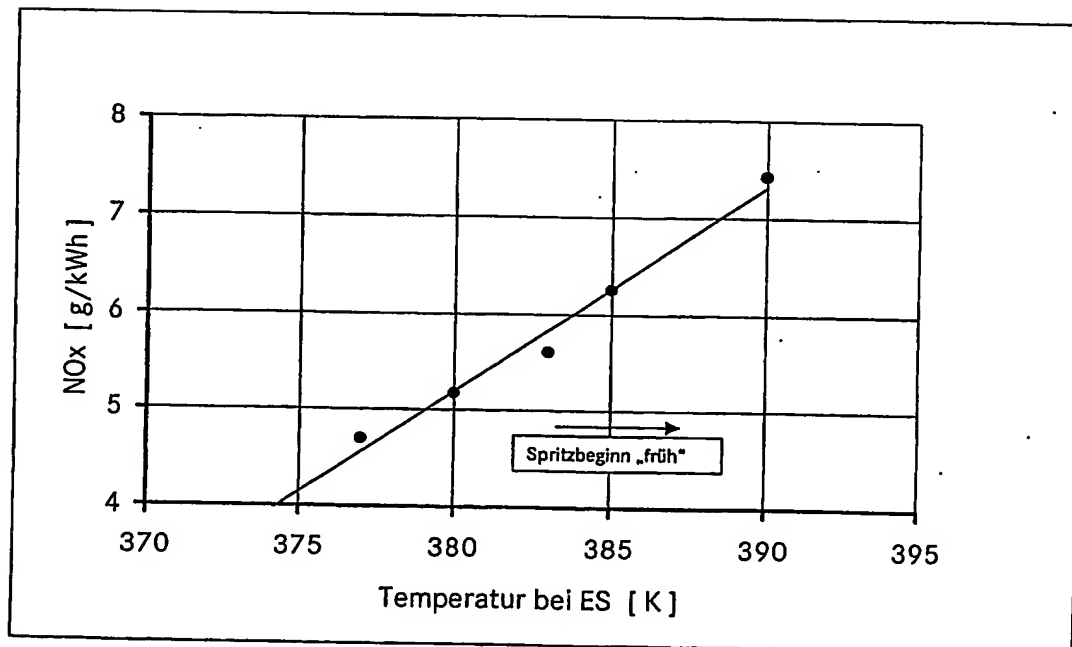


Fig. 4

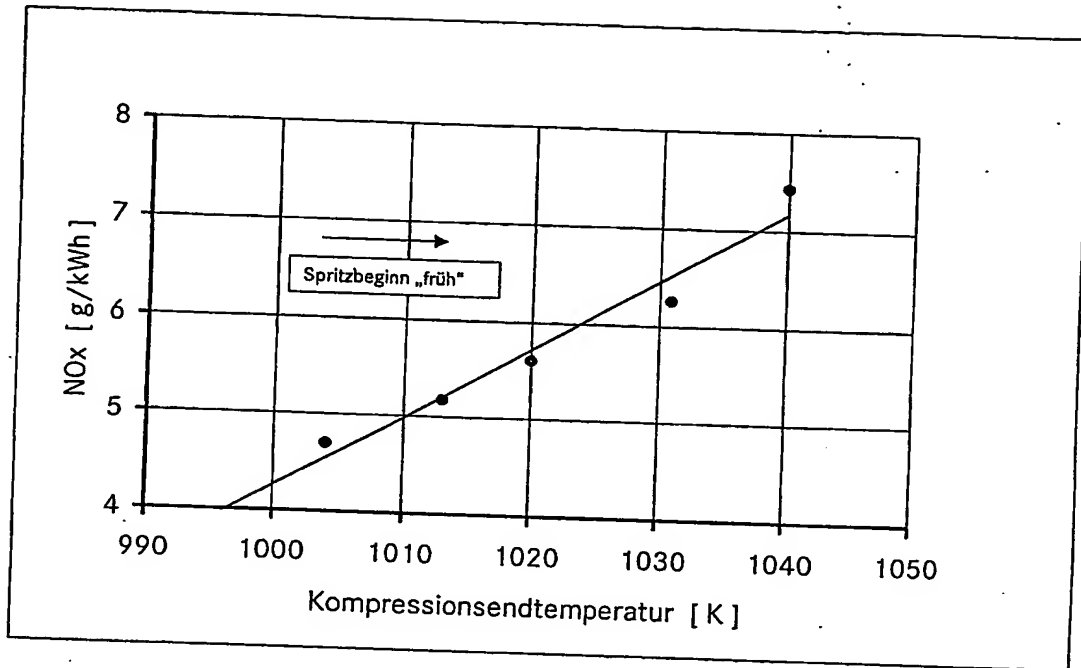


Fig. 5

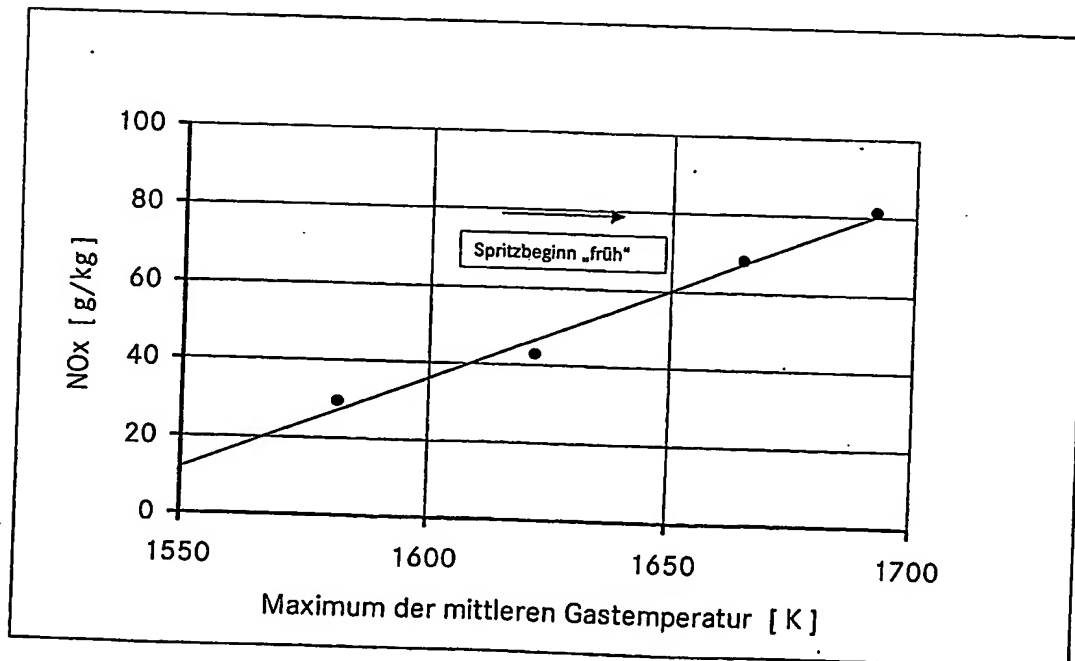


Fig. 6

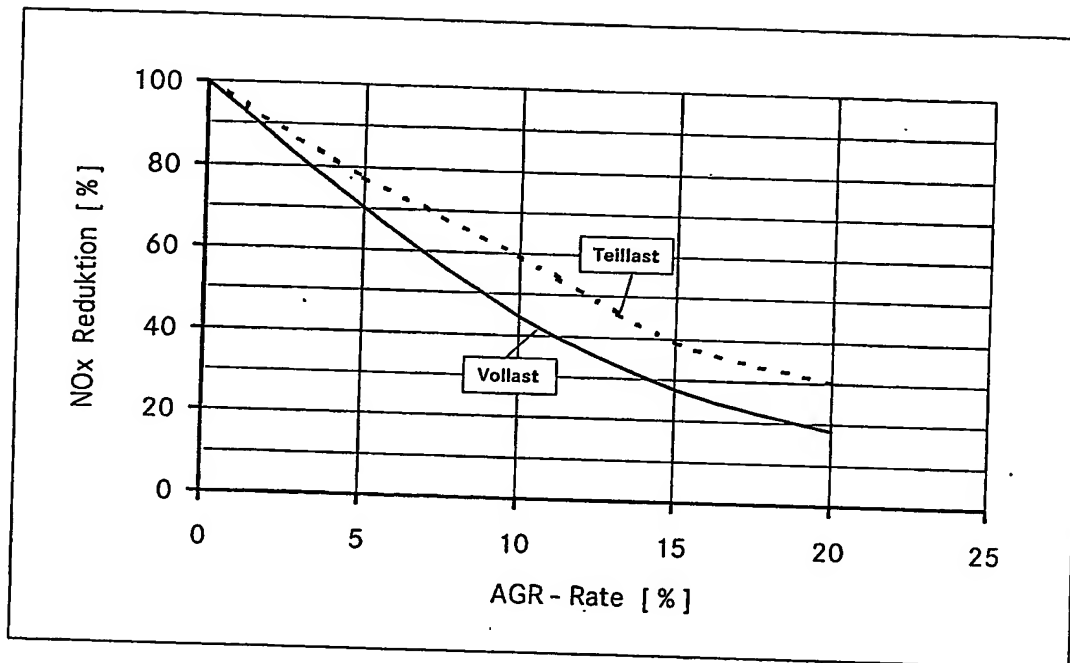


Fig. 7

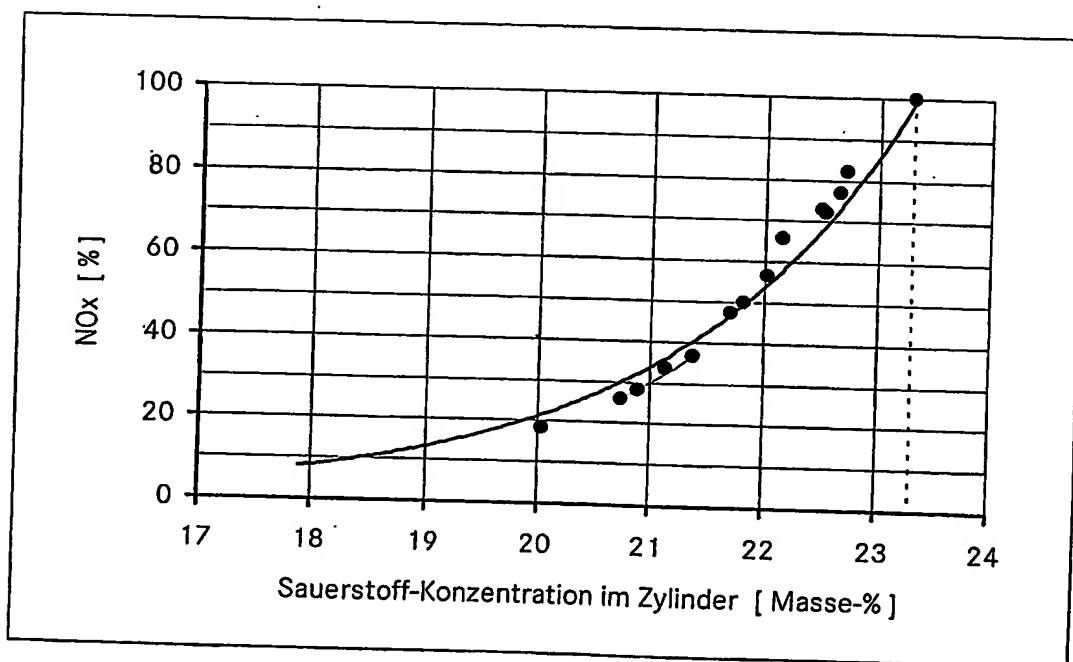


Fig. 8

DaimlerChrysler AG

Aifan

07.04.2003

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Verfahren zum Betrieb einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, bei dem während einer Verbrennung im Brennraum eine mittlere Gastemperatur im Zylinder bestimmt wird, so dass ein Gradient der mittleren Gastemperatur errechnet wird. Hierbei wird dann entweder aus einem Wert des Gradienten der mittleren Gastemperatur und/oder aus einem Maximalwert der mittleren Gastemperatur im Zylinder eine Stickoxid-Rohemission der Brennkraftmaschine ermittelt.

5

10 Demnach werden die Motorparameter derart eingestellt, dass sich bei der Verbrennung ein Verlauf der mittleren Gastemperatur ergibt, bei dem weniger NOx-Emissionen gebildet werden.